

УДК 519.85

Павло Камуля, Іван Смолюх, к.т.н. Михайло Стрембіцький

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СТЕНДУ ДЛЯ ПОВІРКИ ЕНКОДЕРІВ

Запропоновано спосіб розробки математичної моделі стенду для повірки енкодерів. Розроблено блок-схему алгоритму роботи стенду. Проведено аналіз роботи стенду в реальному часі.

Ключові слова: повірка, енкодер, математична модель, алгоритм роботи

**Pavlo Kamulia, Ivan Smoliukh, Mykhailo Strembitskiy**

## DEVELOPMENT OF A MATHEMATIC STAND MODEL FOR VERIFICATION OF ENCODERS

The method of developing a mathematical model of the stand for verification of encoders is proposed. The block diagram of the algorithm of the stand's work is developed. The analysis of the stand in real time was carried out.

Keywords: calibration, encoder, mathematical model, algorithm of work

**Вступ.** Датчики кута повороту (ДКП) або енкодер є одним з основних функціональних елементів сучасних автоматизованих систем керування різноманітними об'єктами. Вони широко використовуються в авіації, суднобудуванні, робототехніці, верстатобудуванні, навігаційному обладнанні. Відповідно виникає потреба контролю таких датчиків.

Мета роботи полягає в розробці математичної моделі стенду для повірки енкодерів, а саме в розробці алгоритму роботи стенду, написання коду програми.

**Об'єктом дослідження** виступає спроектований стенд для повірки енкодерів в якому використовується два типи енкодерів один з яких є розробка кафедри приладів і контрольно-вимірювальних систем.

Стенд складається з металевої станини, на якій змонтовані на кронштейнах кроковий двигун з редуктором (3), сервопривід (7), досліджуваний енкодер (1) і зразковий енкодер фірми Paperl+Fuchs GmbH серії Avs58n-032aar0bn-0016 (2).

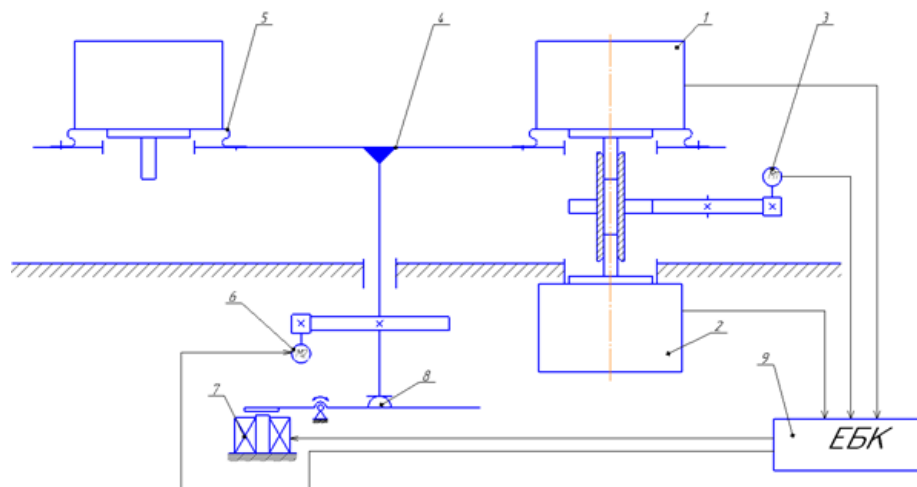


Рис. 1. Функціональна схема стенду для повірки енкодерів

У багатьох областях досліджень явище вивчається не безпосередньо, а опосередковано, через модель. Симулюючи досліджуваний процес на моделі системи, можна отримати нові знання про неї, без втручання в реальну систему і, таким чином, вдосконалити функціонування модельованого об'єкту.

В даному випадку для опису роботи стану я використовую графічно-математичний засіб моделювання систем і процесів мережі Петрі. Як правило, мережами Петрі моделюють паралельні(синхронні та асинхронні) системи і процеси.

Мережа Петрі є орієнтованим дводольним графом, який має чотири базових елементи: позиції (places), переходи (transitions), вхідні і вихідні дуги (arcs) і маркери (tokens). Позиції позначаються кружками і ідентифікують подію-стан, в якому може знаходитись відповідний вузол модельованої системи.

В нашому випадку для опису роботи стану мережею Петрі означимо:

- P1-набір давачів що підлягають повірці (для даного випадку кількість давачів становить  $P1=6$ ).
- P2-монтаж давачів на стенді (під час даної операції оператор монтує на касеті давачі які підлягають повірці).
- P3-фіксація повірочного давача в робочому положенні.
- P4-операція повірки (за допомогою електромеханічного блоку відбувається повірка давача на повному діапазоні вимірювання  $\alpha=360^\circ$ ).
- P5,P6- сортування повірочних давачів (під час даної операції відбувається сортування давачів на придатні та браковані).
- P7- індикатор зайнятості стану.

Придатні давачами вважаються ті, які не перевищують похибку задану виробником. Браковані давачі – перевищують задану виробником похибку, та не підлягають калібруванню.

- $t1$ - час, який необхідний оператору для фіксації на робочій поверхні 6 давачів.  
 $t1=120\pm20$ сек.
- $t2$ - час, який необхідний оператору для фіксації повірочного давача в робочому положенні.  
 $t2=20\pm10$ сек.
- $t3$ - час, який відповідає повірці одного давача.  
 $t3=10\pm5$ сек.
- $t4, t5$  – час який відповідає сортуванню давачів на придатні та браковані .  
 $t4, t5=5\pm2$ сек.

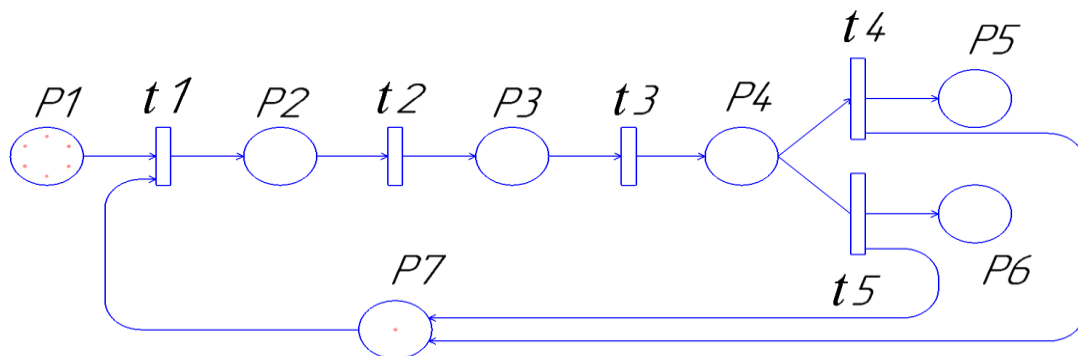


Рис. 2. Стохастична мережа Петрі для імітації роботи стану для повірки енкодерів

Часи які відповідають переходам  $t1-t5$  задаються випадковими числами з нормальним розподілом, характеристики якого (математичне сподівання, дисперсія) визначенні експериментально, і залежать від людського фактору.

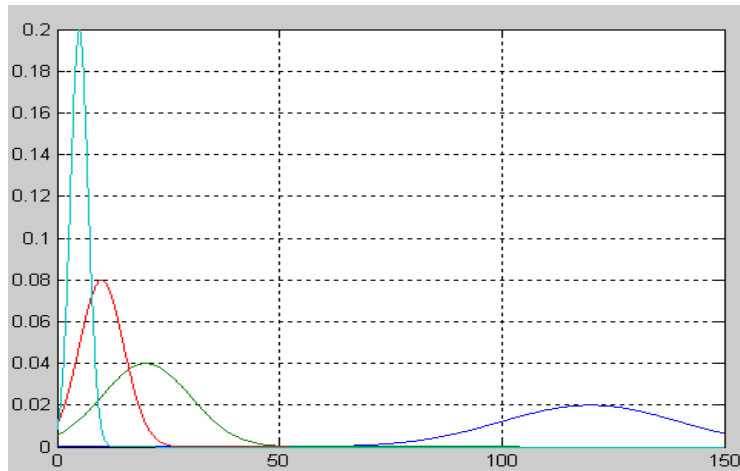


Рис. 3. Графік залежності роботи стенду від імовірності затримок

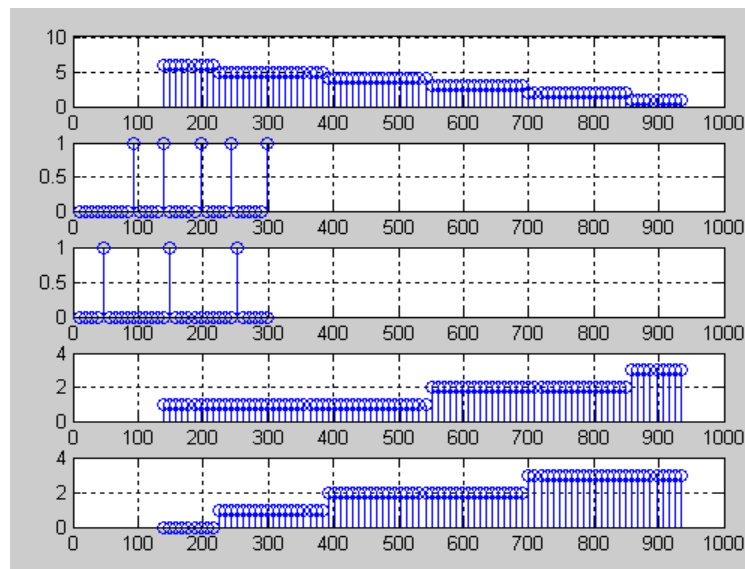


Рис. 4. Графік залежності роботи стенду від часу

**Висновки.** Симулюючи досліджуваний стенд на розробленій моделі системи, було отримано нові знання. За допомогою даної моделі системи можна, вдосконалити функціонування модельованого об'єкту.

### Література

1. Стеценко І.В., Бойко О.В. Технологія імітаційного моделювання систем управління засобами сіток Петрі // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – Черкаси, 2006.
2. Стеценко І.В., Бойко О.В. Система імітаційного моделювання засобами сіток Петрі // Математичні машини і системи – Київ, 2009.
3. Зайцев Д.А. Математичні моделі дискретних систем: Навчальний посібник // Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2004.